Transports Canada Transport Canada

Développement Development

TP 3149

Le programme de recherche du CDT sur la turbine du générateur à gaz

Rapport sommaire 1980-81

Préparé pour le
Centre de développement
des transports

CA1
DTC 801
81
T23S Z
c.2

Transport Canada
Library and Information Centre
Centre de Documentation CTA
Ottawa, Canada K1A 0N5

Subsidiary of
UNITED TECHNOLOGIES

RAPPORT DE L'INGÉNIERIE NO. 1150

LA TURBINE DU GÉNÉRATEUR DE GAZ DE À

PROGRAMME DE RECHERCHE 1980-1981

RAPPORT SOMMAIRE

PRÉPARÉ POUR LE CENTRE DE
DÉVELOPPEMENT DES TRANSPORTS

DATE: 9 septembre 1981

ÉCRIT PAR: U. Okapuu — Chef, Aérodynamique Turbines

APPROUVÉ PAR: D.P. Kenny — Directeur, Aérodynamique Composantes Rotatives

PRATT & WHITNEY AIRCRAFT OF CANADA LTD.

Box 10, Longueuil, Quebec J4K 4X9 • Phone 514 677-9411

Le contenu de ce rapport reflète les idées du contracteur et pas nécessairement les idées ou politiques officielles du Centre de développement des transports.

LISTE DE DISTRIBUTION

Messieurs H.C. Eatock

W.H.D. Hanchet

G. Hardy/directeurs de projet

F. Huber (DPG)

D.P. Kenny

H.H. Langshur/F.C. Desrochers/A.B. Newland

S. Monaghan

R.E. Morris/M.D. Stoten/B.J. Palfreeman

G. Pickett (DPC)

C.B. Wrong/bibliothèque

Bibliothèque - DPC

Bibliothèque - DPG

Bibliothèque - P&WC

ÉQUIPE DE RECHERCHE

Les membres suivants de l'équipe de recherche sur les turbines ont contribué au contenu de ce rapport.

C. Dubé	- Technicienne Analyste
J. Gass	- Technicienne Analyste
J.A.H. Graham	- Aérodynamicien Sénior
S.C. Kacker	- Aérodynamicien Conseil
H. King	- Aérodynamicien Sénior
S.H. Moustapha	- Aérodynamicien Conseil
D. Nadeau	- Ingénieur en Aérodynamique
U. Okapuu	- Chef de l'Aérodynamique des Turbines
R.I. Seto	- Aérodynamicien
R.F. Trumper	- Aérodynamicien Conseil

L'assistance reçue de M.D. Hanchet du Centre de Développement des Transports fut grandement appréciée.

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. Nº du rapport Transports Canada	2. Nº de l'étude — CDT	3. Nº de catalogue du destinataire
TP 3149F	4134	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Le programme de recherche du CDT sur la turbine du générateur à gaz.	9 septembre 1981
	6. Nº du rapport de l'organisme exécutant: 1150

7. Auteur(s)	8. Nº de dossier Transports Canada
U. Okapuu	D500-331-7

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant	10. Nº de dossier — ASC
Pratt & Whitney Aircraft du Canada Ltée. Case postale 10 Longueuil, Québec J4K 4X9	09SD T8200-9-9549
	11. Nº de contrat — ASC ou Transports Canada: OSD80-00009

12. Nom et adresse de l'organisme parrain	13. Genre de rapport et période visée
Centre de développement des transports (CDT) 1000 ouest Sherbrooke, case postale 549 Montréal, Québec H3A 2R3	Résumé 1980-81
	14. Code de l'organisme parrain

15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
Ce rapport est un résumé du rapport final 1980-81 concernant le programme de recherche du CDT sur la turbine du générateur à gaz (Confidentiel).	W. H. D. Hanchet

17. Résumé

La turbine prototype Demo IIR a été expérimentée avec différentes sortes d'anneaux d'étanchéité ainsi qu'avec des aubes à ailettes. La combinaison d'aubes à ailettes et d'un anneau d'étancheité à rainures tangentielles inclinées radialement de 30° a conduit à un meilleur rendement de la turbine Demo IIR de 1.2 points. Cette amélioration correspond à une réduction de la consommation spécifique du moteur, de 0.85% dans le cas d'une turbosoufflante et de 1.91% pour un turbopropulseur.

Depuis le début de ce programme de recherche, d'une durée de trois ans, les gains prouvés en rendement énergétique totalisent 1.85% sur une turbosoufflante et 4.13% sur un turbopropulseur pour la turbine prototype du générateur à gaz.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Turbines à gaz, aérodynamique efficacité, énergie, recherche	Un nombre limité de copies sont disponibles au CDT.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
-	-	16	-

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 3149F	4134	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Le programme de recherche du CDT sur la turbine du générateur à gaz.	9 September 1981
	6. Performing Organization Report No. 1150
7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
U. Okapuu	D500-331-7
9. Performing Organization Name and Address Pratt & Whitney Aircraft of Canada Ltd., P.O. Box 10, Longueuil, Que. J4K 4X9	10. DSS File No. 09SD T8200-9-9549
	11. DSS or Transport Canada Contract No. OSD80-00009
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre (TDC), 1000 Sherbrooke St. W., P.O. Box 549, Montreal, Quebec H3A 2R3	13. Type of Report and Period Covered Summary 1980-81
	14. Sponsoring Agency Code -
15. Supplementary Notes This report is a summary of the TDC gas generator turbine research program, Final report 1980-81 (Company Confidential)	16. TDC Project Officer W. H. D. Hanchet

17. Abstract

Research turbine Demo IIR was tested with various forms of shroud liners and also with minishrouds. The combination of minishrouded blades and circumferentially grooved shroud liners with 30 degrees of lean was found to enhance turbine efficiency by 1.2 points, which corresponds to a reduction in engine specific fuel consumption of 0.85 percent in the case of turbofans, 1.91 percent for turboprops.

Since the inception of this three year research program, gains in energy efficiency have been demonstrated totalling 1.85 percent in turbofan, 4.13 percent in turboprop applications of the research gas generator turbine.

18. Key Words	19. Distribution Statement
Gas turbine, research, energy, efficiency, aerodynamics	A limited number of copies are available from TDC.

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
Nil	Nil	16	Nil

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1.0	INTRODUCTION	1
2.0	ÉQUIPEMENT DISPONIBLE	2
3.0	OBSERVATIONS ET RÉSULTATS	3
4.0	CONCLUSION	8
	RÉFÉRENCES	9

LISTE DES FIGURES

		Page
FIGURE 1 -	Effet de l'inclinaison des rainures sur la performance	5
FIGURE 2 -	La moyenne des mesures faites durant les traverses radiales et circonférentielles à la sortie d'un rotor muni de pales à ailettes (R15) et pour un jeu en bout de pales de 1%.	6
FIGURE 3 -	Les améliorations prévues et expérimentées du rendement des turbines par la recherche en aérodynamique.	7

(02/.2)

PRATT & WHITNEY AIRCRAFT OF CANADA LIMITED
LA TURBINE DU GÉNÉRATEUR DE GAZ DE CDT

1.0 INTRODUCTION

À cause des problèmes de dimensions inhérents aux petites turbines à gaz, Pratt & Whitney Aircraft du Canada a mis sur pied, dès 1963, un programme de recherche sur l'aérodynamique de ces turbines. La nécessité de cette recherche a été mise récemment en évidence par une étude plus approfondie, subventionnée par le centre de développement des transports (1). Cette étude indique que la turbine du générateur à gaz dans les turbines à gaz pour les petits avions joue un rôle de premier plan dans le rendement énergétique des moteurs.

Comme résultat de cette étude, le centre de développement des transports a entrepris de supporter la phase de 1978-81, du programme de recherche sur l'aérodynamique des petites turbines, en cours chez Pratt & Whitney. L'objectif de ce programme est de trouver des moyens pour améliorer le rendement de la turbine du générateur à gaz, en tenant compte des limitations d'ordre pratique de coût et de poids. Les conclusions de la présente phase du programme, laquelle s'étendait sur la période du 1er juin 1980 au 31 mars 1981, sont contenues dans un rapport final (2). Ce résumé présente une version abrégée du rapport final.

PRATT & WHITNEY AIRCRAFT OF CANADA LIMITED
LA TURBINE DU GÉNÉRATEUR DE GAZ DE CDT

2. ÉQUIPEMENT DISPONIBLE

Le principal équipement d'essais à notre disposition est la salle d'essais en écoulement froid pour les turbines de P&WC. Cette salle d'essais comprend deux compresseurs, l'un d'une puissance de 1000 HP fournissant de l'air comprimé à l'entrée de la turbine, l'autre de 500 HP évacuant l'air à sa sortie. La puissance produite par la turbine expérimentale tournant à 24,000 RPM, est dissipée par un frein à disque fonctionnant dans l'eau. La température de l'air à l'entrée de la turbine est maintenue approximativement à 180°C. Le rendement est calculé à partir des températures et pressions mesurées à l'entrée et à la sortie de la turbine.

Les essais de visualisation de l'écoulement proviennent de l'installation à simulation hydraulique de P&WC. Les lignes de courant, passant au travers d'un modèle élargi d'une cascade de pales de turbine, peuvent être observées à l'aide d'une lumière stroboscopique illuminant des sphères de polystyrène à flottaison neutre, en suspension dans l'eau. L'injection d'un liquide colorant est aussi utilisée pour aider à clarifier le champ des lignes de courant en un endroit précis.

Des techniques analytiques furent développées et programmées pour l'ordinateur CDC-6600 de P&WC, afin d'améliorer la compréhension des phénomènes entourant l'écoulement, de mieux évaluer le rendement des nouvelles turbines et de concevoir de meilleures turbines dans le futur.

La turbine redessinée du générateur à gaz du JT15D-1 servit pour le travail expérimental. Cette nouvelle conception a été imposée par le point de calcul provenant du triangle de vitesse montré à la Figure #1 du résumé pour l'exécutif écrit pour le programme de recherche sur la turbine du générateur à gaz du CDT pour 1978-79 (3).

3.0 OBSERVATIONS ET RÉSULTATS

Les essais de différents systèmes pour réduire les pertes en bout de pales se sont terminés durant la troisième et dernière année du programme de recherche sur la turbine du générateur à gaz subventionné par le centre de développement des transports.

Un anneau d'étanchéité muni de rainures circulaires radiales, inclinées de 30° dans la direction de l'écoulement, jumelé à une turbine ayant des pales à ailettes, a permis une augmentation du rendement de 1.2 points, en comparaison de la configuration de base, Figure (1). La Figure (2) montre que l'effet de l'anneau d'étanchéité muni de rainures circulaires inclinées, est essentiellement identique à celui d'une réduction du jeu en bout de pales pour la turbine initiale combinée à un anneau d'étanchéité à paroi lisse. Les anneaux d'étanchéité avec rainures obliques et à rainures circulaires radiales (sans inclinaisons) combinés à la turbine de base (sans ailettes) ont causé une perte de rendement pour la turbine de recherche. Le jeu existant entre les segments d'anneaux d'étanchéité n'a causé que de faibles pertes en rendement. La variation du rendement avec le jeu en bout de pales n'est pratiquement pas influencée par la forme du bout de la pale et la géométrie de l'anneau d'étanchéité pour la plage de jeu en bout de pales d'intérêt pratique.

Divers arrangements furent essayés pour visualiser et analyser l'écoulement. Ces études ont mené à l'établissement d'un ensemble de règles pour aider la conception de systèmes permettant de réduire les pertes en bout de pales. En bref, un anneau d'étanchéité muni de rainures augmentera le rendement d'une turbine, s'il est combiné avec un rotor ayant des pales épaisses à l'extrémité, lesquelles ont un écoulement en bout de pales presque axial. Une section d'extrémité de pales minces peut devenir une section épaisse si on lui ajoute une ailette. De plus les aillettes permettent une grande augmentation de la charge sur une pale (ie. une réduction du nombre de pales) sans pour autant causer une perte considérable de rendement, comme cela est rapporté en (4).

Les améliorations du rendement prouvées dans la troisième année de ce programme de recherche sont de 1.2 points. Ceci correspond à une amélioration de la consommation spécifique de carburant des turbosoufflantes de 0.85% et de celle des turbopropulseurs de 1.91% quand ces améliorations sont appliquées à la turbine du générateur à gaz de ces moteurs.

Un rapport (5) a été publié au sujet du système des pertes pour optimiser le point de calcul des turbines. Le contenu de ce mémoire a été préparé durant la phase 1978-1979 du programme de recherche du CDT. Le complément de ce programme, concernant la performance de la turbine en condition autre que celle du point de calcul, a été complété avec succès durant la présente période de ce programme de recherche.

Une étude de praticabilité portant sur l'application des turbines à écoulement mixte dans les petits moteurs à turbines à gaz indique que ce concept est prometteur, et une proposition pour instaurer un programme de recherche sur ce type de turbines a été préparée. La conception de la section d'essai pour deux étages de turbines contra-rotatives a été complétée, et les pièces composant cette dernière sont présentement manufacturées de façon à pouvoir faire les essais en 1982.

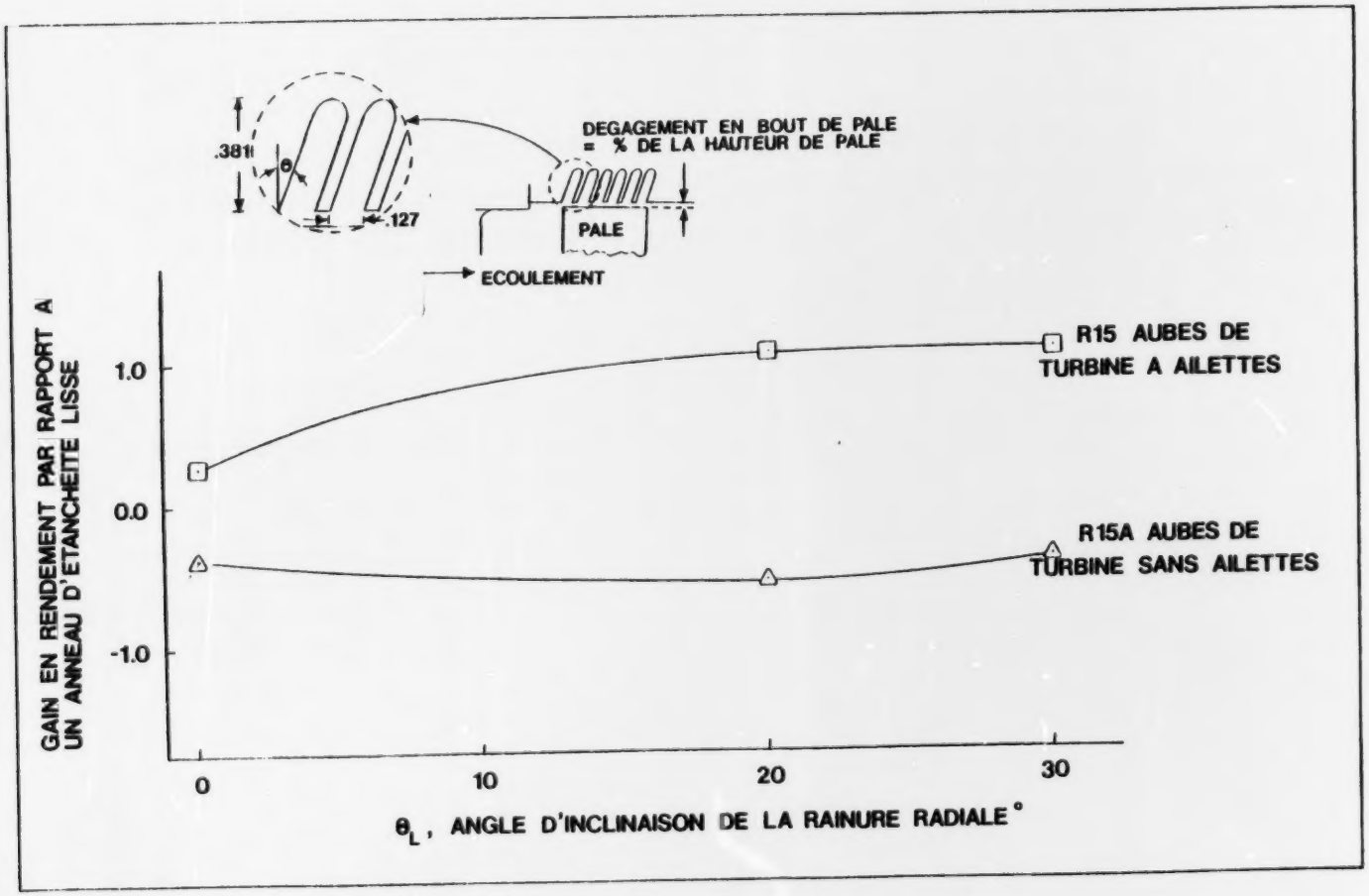
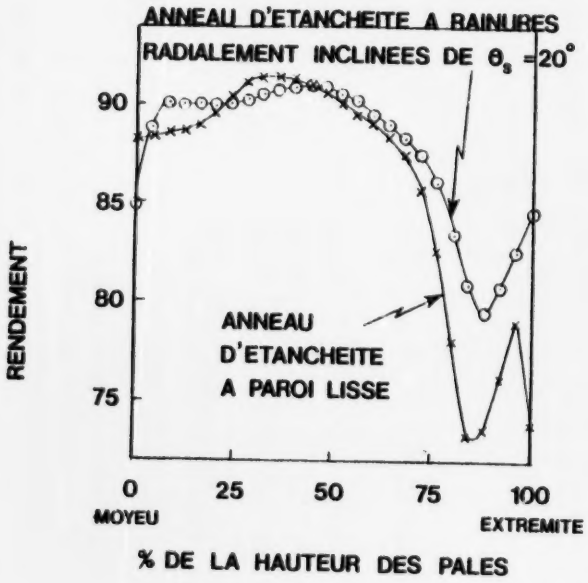


FIGURE 1 EFFET DE L'INCLINAISON DES RAINURES SUR LA PERFORMANCE



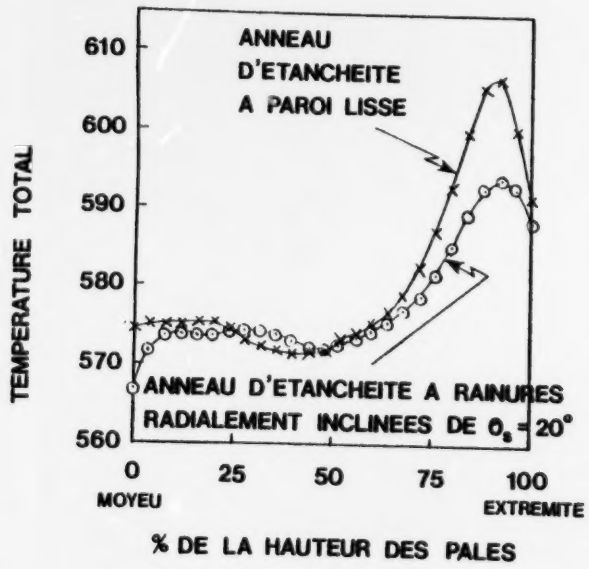


FIGURE 2 LA MOYENNE DES MESURES FAITES DURANT LES TRAVERSES RADIALES ET CIRCONFERENTIELLES A LA SORTIE D'UN ROTOR MUNI DE PALES A AILETTES (R15) ET POUR UN JEU EN BOUT DE PALES DE 1%

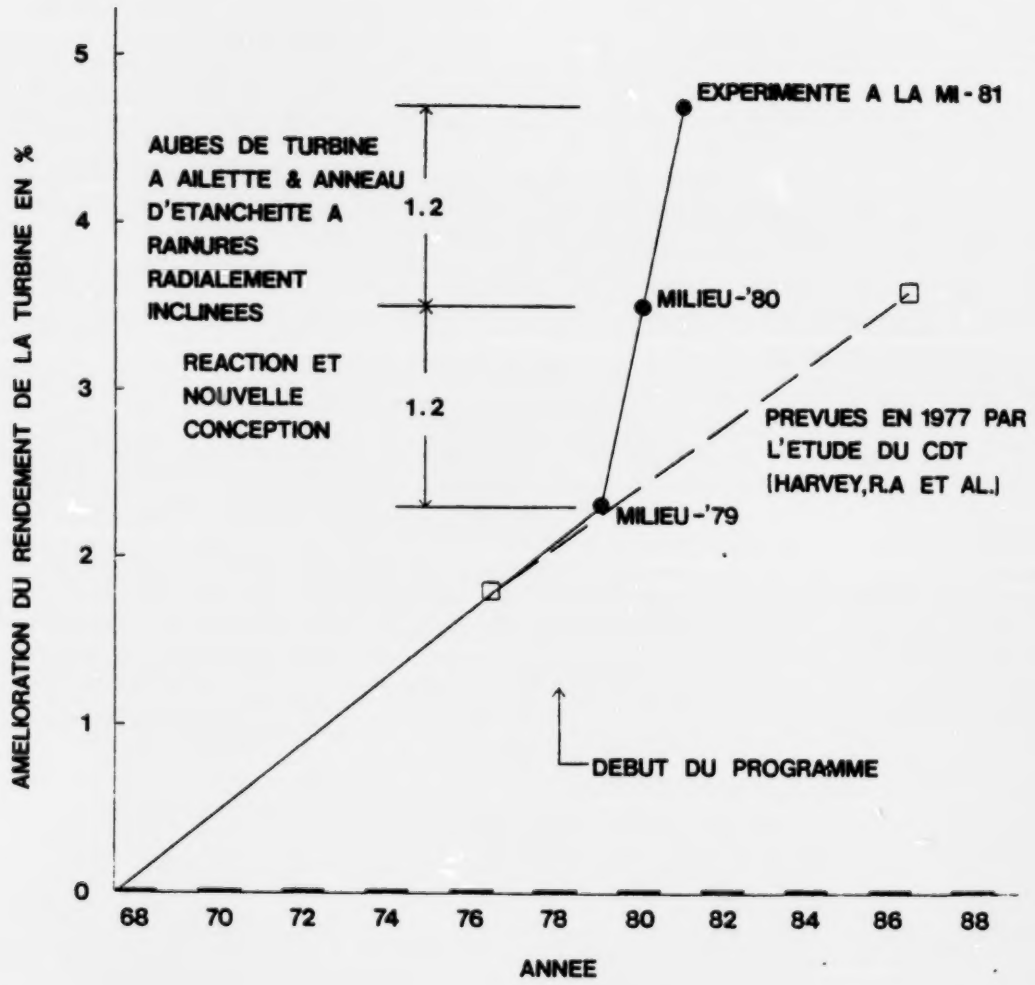


FIGURE 3 LES AMELIORATIONS PREVUES ET EXPERIMENTEES DU RENDEMENT DES TURBINES PAR LA RECHERCHE AERODYNAMIQUE

4.0 CONCLUSION

Ce programme de recherche d'une durée de trois ans a conduit à une amélioration du rendement de 2.6% pour la turbine prototype (Figure 3). Ceci correspond à une amélioration de la consommation spécifique d'une turbosoufflante de 1.85% et de 4.13% sur un turbopropulseur utilisant la turbine de recherche. De plus les résultats obtenus sur l'effet du fini de surface pourrait conduire à des gains supplémentaires dans les moteurs de l'avenir. Le nouveau programme sur les performances des turbines dans des conditions différentes du hors point de calcul rendra possible une meilleure optimisation de ce point de calcul. Une estimation des bénéfices effectifs en relation avec ces deux derniers points serait d'environ 0.5% en rendement. En outre, des bénéfices indirects concernant la consommation d'énergie du moteur découleront de la diminution de son poids engendré par la découverte sur la capacité d'augmentation du facteur de charge des aubes de turbines à ailettes.

En résumé ce programme de recherche subventionné par le centre de développement des transports, a conduit à des améliorations du rendement énergétique des turbines à gaz au-delà des prévisions originales. Les systèmes mis au point et dont l'application a été un succès dans ce programme seront incorporés dans les petites turbines à gaz pour les petits avions de transport ou autre systèmes énergétiques utilisés dans le transport aérien canadien.

RÉFÉRENCES

1. Harvey, R.A., Palfreeman, B.J. et Morris, R.E.; Energy Efficiency and Development - Final Report (Subventionné à l'aide d'un contrat de l'agence de transport, octobre 1977)
Contrat No. OST-76-00090.

2. Okapuu, U.; TDC Gas Generator Turbine Research Program - Technical Report 1980-81; P&WC rapport de l'ingénierie no. 1148, 9 juillet 1981 (TP3148).

3. Okapuu, U.; La turbine du générateur de gaz de CDT, Programme de recherche, 1978-79, Résumé pour l'exécutif, P&WC rapport de l'ingénierie no. 1149, 17 août 1979. (TP2330).

4. Okapuu, U.; La turbine du générateur de gaz de CDT, Programme de recherche, 1979-80, Résumé de rapport; P&WC rapport de l'ingénierie no. 1135, 24 novembre 1980. (TP2685).

5. Kacker, S.C. et Okapuu, U.; A Mean Line Prediction Method for Axial Flow Turbine Efficiency; ASME 81-GT-58, 9 décembre 1980.